10.22092/sppi.2022.358114.1248

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۷، شماره ۳، سال ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

اثر تنش خشکی، تراکم بوته و مرحله برداشت بر عملکرد وکیفیت علوفه کوشیا (*Kochia scoparia* L.)

Effect of Drought Stress, Plant Density and Harvesting Stage on Forage Yield and Quality of Kochia (*Kochia scoparia* L.)

حمید نجفی نژاد، سید ذبیح الله راوری و محمدعلی جواهری

استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۸

چکیده

نجفی نژاد، ح.، راوری، س. ذ. و جواهری، م. ع. ۱۴۰۰. اثر تنش خشکی، تراکم بوته و مرحله برداشت بر عملکرد و کیفیت علوفه کوشیا (*Kochia scoparia* L.). **مجله نهال و بذر۳۷:** ۳۷۸-۳۵۹.

کمبود آب و ضرورت تامین علوفه در سال‌های اخیر گرایش به سمت گیاهان کم توقع مانند کوشیا که علاوه بر تحمل به خشکی و شوری دارای پتانسیل تولید علوفه در شرایط دشوار است را اجتناب ناپذیر می کند. به منظور بررسی اثر تنش خشکی، تراکم بوته و زمان برداشت بر عملکرد و کیفیت علوفه کوشیا، آزمایشی به مدت دو سال(۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جوپارکرمان اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تنش خشکی در سه سطح: آبیاری بر اساس ۵۰ ، ۷۰ و ۹۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده از خاک در کرت های اصلی و دو تراکم بوته: ۱۶/۶ و ۳۳/۳ بوته در هکتار و دو مرحله برداشت: رشد رویشی (۵۵ روز پس از سبز شدن) و شروع گل‌دهی به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی بررسی شدند. در سطوح آبیاری بر اساس ۵۰ و ۹۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده از خاک به ترتیب ۷/۱۵ و ۶/۴۵ تن در هکتار علوفه خشک تولید شد، اما این تفاوت معنی‌دار نبود. برداشت در مرحله شروع گل‌دهی با تولید ۳۱/۳۰ تن علوفه تر در هکتار و ۸/۹۶ تن علوفه خشک در هکتار نسبت به برداشت در مرحله رشد رویشی برتری معنی‌داری داشت. بیشترین مقدار پروتئین خام علوفه (۱۰/۹۴ درصد) و کمترین مقدار الیاف NDF (۵۰/۶ درصد) و ADF (۳۳/۸ درصد) در تنش خشکی شدید (۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک) به دست آمد. برداشت در مرحله شروع گل‌دهی در مقایسه با برداشت در مرحله شد رویشی از درصد پروتئین خام کمتر اما از NDF بیشتری برخوردار بود. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان با تنظیم آبیاری بر اساس ۷۰ تا ۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک در مرحله رشد رویشی (۵۵ روز پس از سبزشدن) ۴/۵ تن علوفه خشک با کیفیت مطلوب و در مرحله شروع گل‌دهی به طور میانگین ۸/۵ تن علوفه خشک تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: کوشیا، گیاه علوفه‌ای، کم آبیاری، زیست توده، علوفه خشک، پروتئین خام علوفه.

نگارنده مسئول: hnajafinezhad@yahoo.com تلفن: ۰۳۴۳۲۱۱۲۳۹۱

مقدمه

خشکسالی‌های مداوم، کاهش نزولات جوی وکاهش کیفیت منابع آب قابل استفاده در کشاورزی گرایش به سمت تولید گیاهان کم توقع و دارای پتانسیل رشد مطلوب را در مناطق خشک اجتناب ناپذیر می کند. اخیرا گیاه کوشیا به دلیل عملکرد علوفه مطلوب و تحمل به خشکی و شوری توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است. کوشیا به دلیل تحمل به خشکی و شوری و عملکرد قابل قبول در شرایط تنش خشکی می‌تواند به عنوان گزینه مناسبی برای تولید علوفه در مناطق خشک استفاده شود (Salehi, 2010; Salehi *et al.*, 2011; Najafinezhad *et al.*, 2019). عملکرد علوفه کوشیا نزدیک به یونجه بوده و با مصرف حدود نصف میزان آب مصرفی برای یونجه عملکردی معادل یونجه تولید می کند (Rankins and Smith, 1991). کوشیا از کیفیت علوفه مطلوبی برخوردار است و میزان پروتئین خام علوفه آن بین ۲۵-۱۳/۲ درصد متغیر می‌باشد (Sherrod, 1971).

تنش خشکی از مهمترین عوامل محیطی در فرایند فتوسنتز و رشد گیاه است. از مهمترین عوامل موثر در تحمل به خشکی گیاه حفظ توان و ظرفیت فتوسنتزی و محتوی نسبی آب برگ است. در برخی از مطالعات کاهش فتوسنتز و عملکرد گیاه تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Najafinezhad *et al.*, 2019). در آزمایشی تحت شرایط تنش خشکی کوشیا اندام های فتوسنتزی خود را حفظ کرد وگزارش شده است که به دلیل مقاومت به خشکی این گیاه می‌توان با مصرف حداقل آب، محصول علوفه قابل قبولی تولیدکرد (Salehi, 2010). در بررسی اثر تنش خشکی به صورت قطع آب در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی بر روی دو توده کوشیا گزارش شده است که پس از اعمال تنش شدید (قطع آب به مدت چهار هفته) در مراحل مختلف رشد رویشی، این گیاه توانست رشد خود را بازیابی کند. در پژوهش مذکور تنش خشکی در مرحله رشد رویشی منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک کوشیا شد اما تاثیر معنی‌داری بر خصوصیات زایشی گیاه نداشت (Masoumi, 2010).

کوشیا به عنوان یک گیاه علوفه‌ای جایگزین با گیاهان متداول مطرح است که با استقرار سریع خود می‌تواند علوفه‌ای مناسب در مناطق با کمبود آب تولید کند (Jami Al-Ahmadi, 2005). در مطالعه‌ای در مکزیک نشان داده شد که کارآیی مصرف آب در کوشیا سه برابر یونجه بود (Foster, 1980). علوفه کوشیا، هنگامی که در مرحله گل دهی برداشت شود، دارای قابلیت هضم آزمایشگاهی و میزان پروتئین خام بسیار بالایی است (Sherrod, 1971). در کوشیا با افزایش سن گیاه میزان برگ کاهش ولی درصد وزن ساقه افزایش می‌یابد که نهایتا منجر به کاهش نسبت برگ به ساقه از ۱/۲ در قبل

از گل دهی به ۰/۴ در انتهای فصل رشد می‌شود (Madrid *et al.*, 1996).

در پژوهشی با آبیاری و کوددهی مناسب و برداشت چهار چین از کوشیا عملکردی معادل ۲۶ تن در هکتار علوفه خشک گزارش شده است. همچنین گزارش شد که تاخیر در برداشت منجر به کاهش نسبت برگ به ساقه شده و کیفیت علوفه را کاهش داد اما برداشت چند چین در مرحله قبل از گل دهی ارزش تغذیه‌ای علوفه کوشیا را افزایش داد (Jami Al-Ahmadia and Kafi, 2007).

تراکم بوته نیز از مهمترین عوامل تاثیرگذار در تولید علوفه کوشیا به شمار می‌رود، چون با ایجاد تراکم مناسب، کلیه عوامل محیطی و نهاده ها به طور بهینه مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و با پایین آمدن رقابت بین بوته‌ای و به وجود آمدن فضای مناسب کمیت و کیفیت علوفه تولیدی ارتقاء خواهد یافت (Ziaee *et al.*, 2008). در مطالعه اثر تراکم بوته بر عملکرد علوفه کوشیا، با افزایش تراکم تا ۲۰ بوته در متر مربع بر میزان عملکرد ماده خشک و وزن خشک ساقه و برگ گیاه افزوده شد (Jami Al-Ahmadia, 2005). در پژوهشی تراکم‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ بوته در متر مربع بر عملکرد و کیفیت علوفه کوشیا بررسی و گزارش شد که تراکم ۳۰ بوته در متر مربع بیشترین عملکرد و کیفیت علوفه را تولید کرد (Asgharipour *et al.*, 2015).

رشد سریع و مقاومت به تنش رطوبتی کوشیا حاکی از آن است که این گیاه پتانسیل بالایی برای معرفی به عنوان یک گیاه علوفه‌ای مهم در مناطق خشک و نیمه خشک را دارد. با توجه به بحران کم آبی در استان کرمان استفاده از روش‌های کم آبیاری، استفاده از منابع آبیاری با کیفیت پایین و استفاده از گیاهان متحمل به خشکی و شوری برای تولید محصول علوفه از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی کمبود علوفه، بحران کم آبی، فقر مرتع و ادامه خشکسالی‌ها در این استان ایجاب می کند که گیاهان علوفه‌ای جدید و متحمل به خشکی و سازگار به شرایط آب و هوایی استان شناسایی و معرفی شوند.

هدف از این پژوهش بررسی اثر تنش خشکی، تراکم بوته و مرحله برداشت بر عملکرد و کیفیت علوفه کوشیا در منطقه جوپار کرمان بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی، تراکم بوته و مرحله برداشت بر عملکرد و کیفیت علوفه کوشیا آزمایشی به مدت دو سال (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان واقع در جوپار با مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۷۴۹ متری از سطح دریا که در فاصله

۱۸کیلومتری جنوب شهر کرمان واقع شده است اجرا شد. منطقه مذکور با میانگین بارندگی ۱۴۰میلی‌متر در سال دارای آب و هوای خشک و معتدل با دمای کمینه ۱۴- درجه سانتی‌گراد و بیشینه ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

در این پژوهش تنش خشکی در سه سطح آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده از خاک (شاهد)، ۷۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده از خاک (تنش ملایم) و ۹۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده از خاک (تنش شدید) در کرت های اصلی و دو تراکم بوته با فاصله روی ردیف ۵ و ۱۰ سانتی‌متر و با فاصله ثابت ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف (۳۳/۳ و ۱۶/۶ بوته در مترمربع) و دو مرحله برداشت شامل مرحله رشد رویشی (۵۵ روز پس از سبز شدن) و مرحله شروع گل‌دهی (۷۵ روز پس از سبز شدن) به صورت فاکتوریل و بصورت تصادفی در کرت های فرعی ارزیابی شدند.

منبع تامین آب برای آبیاری آزمایش چاه عمیق ایستگاه تحقیقات کشاورزی جوپار با EC حدود ۰/۸۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. هر سال قبل از اجرای آزمایش از خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام شد که نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک درجدول ۱ ارائه شده است. هر کرت فرعی شامل چهار ردیف کاشت با فاصله‌ی ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول پنج متر بود. فاصله بین تکرارها سه متر و فاصله بین کرت‌های اصلی برای جلوگیری از نشت آب به کرت مجاور ۱۲۰سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

مقدار کود شیمیایی استفاده شده ۹۲ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار به ترتیب از منبع کود اوره و سوپرفسفات تریپل بود (Khaninejad, *et al.*, 2013). تمام کود فسفات و ۲۵ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت در زمان آماده‌سازی زمین مصرف گردید و باقیمانده کود نیتروژن ۲۰ روز بعد از سبز شدن در مرحله‌ای که ارتفاع بوته‌ها حدود ۳۰ سانتی‌متر بود مصرف شد.

در تاریخ ۲۰ اردیبهشت بذر کوشیا (توده محلی کرمان تولیدی ایستگاه تحقیقات کشاورزی جوپار) در وسط ردیف‌های کشت و در عمق دو سانتی‌متری خاک به فواصل پنج و ۱۰ سانتی‌متری با دست کشت شد. پس از کاشت به منظور سبز شدن یکنواخت مزرعه دو نوبت آبیاری نشتی(یک نوبت به فاصله چهار روز و یک نوبت به فاصله شش روز از آبیاری اول) انجام گرفت. در مرحله هفت سانتی‌متری ارتفاع بوته‌ها، عملیات تنک با دست انجام شد تا سطوح تراکم بوته مورد نظر تأمین شود.

هفده روز پس از سبز شدن گیاه تیمارهای تنش خشکی اعمال شد. با استفاده از دستگاه کالیبره شده اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک (Time–Domain Reflectometry) T. D. R.، رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه یک روز در میان اندازه‌گیری و پس از رسیدن رطوبت خاک به سطح مورد نظر آبیاری تیمارهای تنش خشکی به صورت غرقابی انجام شد. برای اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک در هر یک

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق صفر تا ۳۰سانتی متر)

Table 1. Physico-chemical properties of soil (0-30 cm depth)

سال Year	بافت خاک Soil texture	درصد رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه F. C. (%)	درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی دائم P. W. P. (%)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) B. D. (g cm^{-3})	درصد کربن آلی O. C. (%)	درصد نیتروژن (%)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg kg^{-1})	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg kg^{-1})	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر) EC (dS m^{-1})	اسیدیته خاک pH
2019	S. L. لومی شنی	20.1	7.9	1.40	0.50	0.05	10.5	224	1.3	7.8
2020	S. L. لومی شنی	19.8	7.8	1.46	0.54	0.05	11.4	220	1.2	7.9

F. C.: Field capacity, P. W. P.: Permanent wilting point, B. D.: Bulk density, O. C.: Organic carbon, S. L.: Sandy loam, EC.: Electrical conductivity.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای صفات زراعی کوشیا تحت تاثیر تنش خشکی، تراکم بوته و زمان برداشت

Table 2. Combined analysis of variance for agronomic traits of kochia as affected by drought stress, plant density and harvesting stage

S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی D.f.	عملکرد تر علوفه Fresh forage yield	عملکرد خشک علوفه Dry forage yield	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	نسبت برگ به زیست توده کل Leaf: total biomass ratio
Year (Y)	سال	1	483.5014	10.5953	6.1250	0.21125*	0.0001
Replication (Y)	تکرار در سال	4	91.2835	5.2619	857.3611	0.0129	0.0017
Drought stress (S)	تنش خشکی	2	85.8300*	3.4209	2421.26**	0.0379	0.0201*
Y × S	سال × تنش خشکی	2	2.3730	2.7734	441.1232	0.0129	0.0027
Replication (Y× S)	تکرار (سال × تنش خشکی)	8	21.0139	1.2458	314.0903	0.0527	0.0047
Plant density (D)	تراکم بوته	2	76.1378	4.3218	10.1250	0.0501	0.0020
S × D	تنش خشکی × تراکم بوته	2	24.2080	0.8144	184.2917	0.0068	0.0013
Y × D	سال × تراکم بوته	1	71.8801	5.4232	70.0139	0.0113	0.0014
Y × S × D	سال × تنش خشکی × تراکم بوته	2	36.5528	3.3054	296.0972	0.0029	0.0010
Harvesting stage (H)	مرحله برداشت	1	1616.300**	361.1776**	38410.6800**	1.5901**	0.0186**
Y × H	سال × مرحله برداشت	1	552.8900**	14.0626**	0.6806	0.0868	0.0001
S × H	تنش خشکی × مرحله برداشت	2	12.1613	0.2568	70.0972	0.0060	0.0051
D × H	تراکم بوته × مرحله برداشت	1	50.8368	14.544**	506.6800*	0.0035	0.0002
S × D × H	تنش خشکی ×تراکم بوته × مرحله برداشت	2	1.6641	0.3854	2.3472	0.0093	0.0042
Y × S × D	سال × تنش خشکی × مرحله برداشت	2	26.6059	3.8968	119.3472	0.0126	0.0014
Y × D × H	سال × تراکم بوته × مرحله برداشت	1	31.2577	4.2050	5.0139	0.0068	0.0020
Y × S × D × H	سال × تنش خشکی × تراکم بوته × مرحله برداشت	2	17.4896	2.4763	72.7639	0.0093	0.0012
Error	خطا	36	22.6594	1.3568	101.6435	0.0289	0.0017
C. V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	17.90	17.30	8.65	22.00	10.50

*and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

از کرت‌های اصلی لوله‌های مخصوص دستگاه اندازه‌گیری رطوبت در عمق ۶۵ سانتی‌متری خاک نصب شد. عمق فعال توسعه ریشه گیاه هر هشت روز یکبار با حفر پروفیل در کنار بوته‌های هر کرت اندازه‌گیری شد. این عمق به طور میانگین در زمان شروع تنش خشکی ۱۱ سانتی‌متر و در زمان آخرین آبیاری ۵۸ سانتی‌متر بود.

یک روز قبل از برداشت اندازه‌گیری قطر ساقه، ارتفاع بوته و نمونه برداری برای تعیین نسبت برگ به اندام هوایی با استفاده از شش بوته تصادفی در هر کرت انجام شد. در زمان برداشت برای اندازه‌گیری عملکرد تر و خشک علوفه پس از حذف حاشیه‌ها (نیم متر از ابتدا و انتهای دو ردیف وسط) از دو ردیف میانی هر کرت سطحی معادل ۴/۸ مترمربع برداشت شد و پس از توزین، عملکرد تر علوفه بر مبنای تن در هکتار محاسبه گردید. برای محاسبه عملکرد خشک علوفه بلافاصله پس از توزین، از علوفه تر هر کرت یک نمونه تهیه و با ترازوی دیجیتال توزین و پس از خرد کردن علوفه به قطعات کوچک، در داخل کیسه‌های پارچه‌ای گذاشته شد. نمونه‌ها در داخل اتاق فاقد نور مستقیم خورشید به مدت ۱۰ روز نگهداری شد و پس از آن به آزمایشگاه منتقل و در داخل آون تهویه‌دار تحت دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. برای نمونه‌های مذکور پس از توزین با استفاده از فرمول زیر درصد رطوبت علوفه در زمان برداشت تعیین و نهایتا عملکرد خشک علوفه محاسبه شد (AOAC, 1990).

درصد رطوبت علوفه = [(DW1-DW2/DW1)× 100]

DW1 = وزن تر نمونه، DW2 = وزن خشک نمونه

برای اندازه‌گیری الیاف دیواره سلولی و عناصر موجود در علوفه، ابتدا نمونه خشک شده هر کرت آسیاب شد. برای تعیین میزان NDF (سلولز، همی سلولز و لیگنین) و ADF (سلولز و لیگنین) دیواره سلولی با استفاده از روش ون‌سوئست (Van Soest *et al.*, 1991) نیاز به تهیه محلول‌های شوینده خنثی و اسیدی می‌باشد. اندازه‌گیری این صفات در آزمایشگاه بخش تحقیقات علوم دامی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان انجام شد.

اندازه‌گیری پروتئین خام، سدیم و پتاسیم علوفه در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان انجام شد. پس از تهیه عصاره هضمی، پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر سنجیده شد. نیتروژن کل علوفه با استفاده از روش کجدال توسط دستگاه کجل‌تک اندازه‌گیری شد (Sparks, 1996). از ضرب کردن مقدار نیتروژن کل در ضریب ۶/۲۵، درصد پروتئین خام (Crude protein = CP) علوفه محاسبه شد (AOAC, 1990).

قبل از انجام تجزیه‌های آماری، آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها و آزمون همگنی واریانس

خطاهـای آزمایشـی بـا اسـتفاده از نـرم افـزار SAS.9.2 انجـام شـد. تجزیـه واریـانس مرکـب داده ها با در نظر گـرفتن سـال بـه عنـوان عامـل تصادفی بر اساس امید ریاضی میـانگین مربعـات (Yazdi Samadi, *et al.*, 1997) بـا اسـتفاده از نرم افزار SAS انجام شـد. مقایسـه میانگین‌هـا بـا استفاه از آزمـون تـوکی در سـطح احتمـال پـنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نسبت برگ به زیست توده کل

اثر تنش خشکی و مرحله برداشت بـر نسـبت برگ به زیسـت تـوده کـل بـه ترتیـب در سـطح احتمال پنج درصد و یک درصـد معنـی‌دار بـود (جدول۲). بیشترین و کمتـرین نسـبت بـرگ بـه زیست توده کل به ترتیب در تیمار تنش خشکی شدید (آبیاری براساس ۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابـل اسـتفاده خـاک) و تیمـار شـاهد (آبیـاری براساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبـت قابـل اسـتفاده خـاک) مشـاهده شـد (جـدول ۳). کمتـر بـودن نسبت بـرگ بـه زیسـت تـوده کـل در تیمـار ۵۰ درصــد تخلیــه رطوبــت در زمــان برداشــت را می‌توان به ارتفاع بوته بلنـدتر و تولیـد سـاقه‌های قطورتر نسبت داد (جـدول ۳). در شـرایط تـنش خشکی افزایش نسـبت بـرگ بـه سـاقه بـه دلیـل کاهش رشد ساقه در گیاه یونجه نیزگزارش شده است (Petil *et al.*, 1992). برداشت در مرحلـه قبل از غنچه‌دهی (رشد رویشی) از نسبت بـرگ به زیست توده کل بیشتری نسبت به برداشـت در مرحله شروع گل‌دهی برخوردار بود (جـدول۳). افـزایش وزن و قطـر سـاقه در گیاهـان علوفـه‌ای موجب کاهش کیفیت و خوش‌خـوراکی علوفـه می‌شود. در گیاه کوشیا نیـز بـا پیشـرفت رشـد و نزدیک شدن به مراحل رسیدن گیاه میزان برگ به دلیـل ریـزش مقـداری از برگ‌هـا و همچنـین افزایش وزن ساقه کـاهش می‌یابـد کـه ایـن امـر منجر به کاهش نسبت بـرگ بـه سـاقه می‌شـود. پربرگی به عنـوان یـک صـفت مهـم در گیاهـان علوفه‌ای مطرح است. بیشتر بودن نسبت برگ به زیست توده کل در مرحله رشد رویشی و قبل از گل‌دهی مربوط به درصـد سـاقه، ارتفـاع بوتـه و قطـر سـاقه کمتـر در مقایسـه بـا مرحلـه شـروع گل‌دهی بود (جدول ۳).

ارتفاع بوته و قطر ساقه اصلی

اثر تنش خشکی و برهمکنش تـراکم بوتـه × مرحله برداشت بر ارتفاع بوته به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصـد معنـی‌دار بـود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته به تیمار آبیـاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابـل اسـتفاده خاک و کمترین آن به تیمار تنش شدید خشکی (آبیاری بر مبنای ۹۰ درصد تخلیه رطوبـت قابـل اسـتفاده خـاک تعلـق داشـت (جـدول ۳). در بررسی برهمکنش تراکم بوته × مرحله برداشت، بیشترین ارتفاع بوته در مرحلـه شـروع گـل‌دهی مشـاهده شـد (جـدول۴). ارتفـاع بوتـه کمتـر در مرحله رشد رویشـی و قبـل از غنچـه‌دهی بـه ادامه رشد رویشـی گیـاه مربـوط اسـت. کـاهش ارتفاع بوته تحت تاثیر تنش خشـکی بـا کـاهش

جدول ۳- میانگین عملکرد علوفه و برخی صفات زراعی کوشیا تحت تأثیر تنش خشکی، تراکم بوته و مرحله برداشت

Table 3. Mean of forage yield and some agronomic traits of kochia as affected by drought stress, plant density and harvesting stage

		عملکردعلوفه تر (تن در هکتار) Fresh forage yield (t ha^{-1})	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t ha^{-1})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	نسبت برگ به زیست توده کل leaf: total biomass ratio
		Drought stress (available soil moisture depletion (%))		تنش خشکی (درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک)		
50		28.6a	7.15	129.29a	80	0.36b
70		26.2ab	6.56	116.41ab	73	0.38ab
90		24.8b	6.45	109.50b	76	0.42a
			Plant density (plant m^{-2})	تراکم بوته (بوته در مترمربع)		
33.3		25.56	6.47	118.70	73	0.38
16.6		27.62	6.96	118.02	78	0.39
			Harvesting stage	مرحله برداشت		
Vegetative growth	رشد رویشی	21.85b	4.48b	95.30b	61b	0.40a
Begining of flowering	شروع گل دهی	31.33a	8.96a	141.50a	91a	0.37b

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by a common letter are not significantly different at the 5% probability level -usingTukey Test.

تقسیم و بزرگ شدن سلول، کاهش رشد و متعاقب آن کاهش ارتفاع گیاه مرتبط است (Yazdani *et al.*, 2007). ارتفاع بوته در گیاهان علوفه ای به عنوان یک صفت مهم برای افزایش میزان تولید و برداشت مکانیزه مورد توجه است. در شرایط تنش خشکی کاهش ارتفاع بوته در گیاه کوشیا توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد (Masoumi, 2010).

جدول ۴- میانگین عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته کوشیا تحت تاثیر برهمکنش تراکم بوته × مرحله برداشت

Table 4. Mean dry forage yield and plant height of kochia as affected by interaction of plant density × harvesting stage

تراکم بوته (بوته در مترمربع) Plant density (plant m^{-2})	Harvesting stage	مرحله برداشت	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t ha^{-1})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
33.3	Vegetative growth	رشد رویشی	4.68c	98.30b
	Begining of flowering	شروع گل دهی	8.26b	139.20a
16.6	Vegetative growth	رشد رویشی	4.28c	92.27b
	Begining of flowering	شروع گل دهی	9.65a	143.70a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by a common letter are not significantly different at the 5% probability level-usingTukey Test.

اثر مرحله برداشت بر قطر ساقه اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش قطر ساقه در گیاهان علوفه ای به عنوان یک صفت مهم در استقرار و کاهش ورس مطرح می‌باشد، اما از طرفی قطر بیشتر ساقه به دلیل برخورداری از لیگنین بیشتر با کیفیت علوفه رابطه عکس دارد و می‌تواند مشکلاتی را در برداشت مکانیزه ایجاد کند. بنابراین برای قطر ساقه بایستی تعادل بین کمیت و کیفیت برقرار باشد. قطر ساقه در مرحله شروع گل‌دهی به طور معنی‌داری بیشتر از برداشت در مرحله رشد رویشی و قبل از غنچه‌دهی بود (جدول۳). رشد رویشی و افزایش قطر ساقه تا تکمیل مرحله رشد رویشی گیاه ادامه دارد، بنابراین بیشتر بودن قطر ساقه در مرحله گل‌دهی را می‌توان با طول دوره رشد رویشی بیشتر، تقسیم سلولی، طویل شدن و قطور شدن بیشتر سلول‌های گیاه مرتبط دانست.

عملکرد علوفه تر و خشک

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر تنش خشکی و برهمکنش سال × مرحله برداشت برعملکرد علوفه تر به ترتیب در سطح

احتمال پنج درصد و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمارآبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک با تولید ۲۸/۶ تن در هکتار علوفه تر بیشترین و بر اساس ۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک (تنش شدید خشکی) با تولید ۲۴/۸ تن در هکتار علوفه تر کمترین عملکرد علوفه تر را داشت (جدول۳). عملکرد علوفه تر تحت تاثیر مرحله برداشت و برهمکنش سال × مرحله برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در سال اول و دوم عملکرد علوفه تر در برداشت در مرحله شروع گل‌دهی به ترتیب ۳۶/۶۹ و ۲۹/۹۷ تن در هکتار بود که نسبت به برداشت مرحله رشد رویشی (۵۵ روز پس از سبز شدن) برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵).

جدول ۵- میانگین عملکرد علوفه تر و خشک کوشیا تحت تاثیر برهمکنش سال × مرحله برداشت

Table5. Mean fresh and dry forage yield of kochia as affected by interaction of year × harvesting stage

سال Year	Harvesting stage	مرحله برداشت	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار) Fresh forage yield (t ha^{-1})	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (t ha^{-1})
2019	Vegetative growth	رشد رویشی	21.67c	4.42c
	Begining of flowering	شروع گل دهی	36.69a	9.78a
2020	Vegetative growth	رشد رویشی	22.03c	4.54c
	Begining of flowering	شروع گل دهی	29.97b	8.13b

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by a common letter are not significantly different at the 5% probability level-usingTukey Test.

اثر تیمارهای تنش خشکی بر عملکرد علوفه خشک معنی‌دار نبود (جدول ۲). اما علوفه خشک در تیمار آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک (تیمار شاهد) نسبت به تیمار تنش شدید خشکی (۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک) ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر بود (جدول ۳). عملکرد علوفه خشک تحت تاثیر برهمکنش تراکم × مرحله برداشت و همچنین برهمکنش سال × مرحله برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). بیشترین عملکرد علوفه خشک ۹/۶۵ تن در هکتار در برداشت در مرحله شروع گل‌دهی و در تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع به دست آمد (جدول ۴). بیشترین عملکرد علوفه خشک در سال اول و دوم نیز به ترتیب به مقدار ۹/۷۸ و ۸/۱۳ تن در هکتار در مرحله شروع گل‌دهی به دست آمد (جدول ۵).

کاهش عملکرد علوفه در اکثر گیاهان

علوفه ای در پژوهشی تحت شرایط تنش گزارش شده است، اما در پژوهش مذکور عدم تفاوت معنی‌دار در عملکرد علوفه را می‌توان به مقاومت به خشکی کوشیا مرتبط دانست (Jami Al-Ahmadia and Kafi, 2007.) کوشیا از گروه گیاهان دولپه با سیستم ریشه‌ای عمیق است، بنابراین کاهش غیر معنی‌دار عملکرد علوفه تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بهینه را می‌توان تا اندازه زیادی به سیستم ریشه‌ای عمیق این گیاه و فیزیولوژی تحمل به خشکی آن مرتبط دانست که می تواند در شرایط تنش خشکی با حفظ توان فتوسنتزی با حداقل تاثیرپذیری از کم آبی به رشد خود ادامه دهد (Najafinezhad *et al.*, 2019). در پژوهشی دیگر عملکرد علوفه تر و خشک علوفه کوشیا تحت تاثیر تیمارهای مختلف تنش خشکی قرار نگرفت که این امر نشان می‌دهد گیاه کوشیا در شرایط سخت تنش خشکی گیاه بسیار توانمندی در مقایسه با بسیاری از گیاهان زراعی است (Masoumi, 2010).

برداشت در مرحله گل‌دهی از عملکرد علوفه تر و خشک بیشتری برخوردار بود که این امر ناشی از ادامه رشد رویشی و تجمع زیست توده بیشتر در اندام های گیاه بود. تاثیر تراکم بوته بر عملکرد علوفه تر و خشک غیر معنی‌دار بود (جدول۲). با توجه به پتانسیل بالای کوشیا در تولید شاخه‌های فرعی می‌توان بیان نمود که در تراکم پائین کوشیا با تولید شاخه‌های فرعی کاهش عملکرد ناشی از تراکم پایین را جبران کرد.

پروتئین خام علوفه

اثر تنش خشکی و همچنین برهمکنش تراکم بوته × مرحله برداشت بر درصد پروتئین خام علوفه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۶). کمترین مقدار پروتئین خام علوفه به تیمار آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک (تیمار شاهد) تعلق داشت. همچنین بیشترین پروتئین خام علوفه (۱۰/۹۴ درصد) به تیمار تنش خشکی شدید (آبیاری بر اساس ۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده از خاک) متعلق بود (جدول ۷). برهمکنش تراکم بوته × مرحله برداشت نشان داد که بیشترین درصد پروتئین خام علوفه در هر دو سطح تراکم مورد بوته بررسی در برداشت مرحله قبل از غنچه‌دهی (مرحله رشد رویشی) به دست آمد (جدول ۸). برداشت علوفه در مرحله رشد رویشی (۵۵ روز پس از سبز شدن) به طور میانگین با ۱۰/۲ درصد پروتئین خام نسبت به برداشت در مرحله شروع گل‌دهی (۷۵ روز پس از سبز شدن) با ۹/۱ درصد پروتئین خام برتری معنی‌داری داشت (جدول ۷). درصد پروتئین خام قابل توجه علوفه کوشیا و ویژگی تحمل به خشکی آن، اهمیت این گیاه علوفه‌ای جدید را به منظور جایگزینی با گیاهان پر مصرف آب دو چندان می کند.

برتری معنی‌دار درصد پروتئین خام علوفه در برداشت مرحله رشد رویشی (۵۵ روز پس از سبز شدن) در مقایسه با برداشت مرحله شروع

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب برای ویژگی های کیفیت علوفه کوشیا تحت تاثیر تنش خشکی، تراکم بوته و مرحله برداشت

Table 6. Combined analysis of variance for quality properties of kochia as affected by drought stress, plant density and harvesting stage

S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی D. f.	پروتئین خام علوفه Forage protein	پتاسیم Postassium	سدیم Sodium	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (NDF)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (ADF)
Year (Y)	سال	1	22.0877	5.5445	0.0000	0.5305	4.0660
Replication (Y)	تکرار در سال	4	17.3494	0.8266	0.0469	17.6113	10.6386
Drought stress (S)	تنش خشکی	2	30.4639*	0.8460*	0.2982*	96.8060*	37.9350*
Y × S	سال × تنش خشکی	2	0.5603	0.0244	0.0091	6.0995	1.6407
Replication (Y × S)	تکرار (سال × تنش خشکی)	8	9.3857	0.1525	0.0632	18.9308	4.7468
Plant density (D)	تراکم بوته	2	0.9710	0.1387	0.0104	0.0014	1.2987
S × D	تنش خشکی × تراکم بوته	2	1.4961	0.0882	0.0247	8.3464	39.3572*
Y × D	سال × تراکم بوته	1	0.7582	0.0064	0.0694	5.3792	1.4763
Y × S× D	سال × تنش خشکی × تراکم بوته	2	9.1314*	0.1727	0.0850	2.2482	13.6915
Harvesting stage (H)	مرحله برداشت	1	22.1230*	0.0118	0.0604	99.7340*	20.8766
Y × H	سال × مرحله برداشت	1	0.0760	0.0910	0.0033	0.0660	0.3348
S × H	تنش خشکی × مرحله برداشت	2	0.7082	0.0947	0.0417	22.4125	0.3365
D × H	تراکم بوته × مرحله برداشت	1	11.5430*	0.0460	0.0319	0.4934	12.0295
S × D × H	تنش خشکی × تراکم بوته × مرحله برداشت	2	1.6693	0.1804	0.0296	0.8139	27.7228*
Y × S × D	سال × تنش خشکی × مرحله برداشت	2	6.1312	0.0179	0.0039	3.7293	0.7017
Y × D × H	سال × تراکم بوته × مرحله برداشت	1	5.5119	0.0761	0.0443	6.0784	1.1225
Y × S × D × H	سال × تنش خشکی × تراکم بوته × مرحله برداشت	2	0.9674	0.0140	0.0660	0.6704	0.6219
Error	خطا	36	2.7522	0.0709	0.0290	10.7518	10.8510
C. V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	17.60	17.20	21.90	6.34	9.23

*and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۷- میانگین ویژگی‌های کیفیت علوفه کوشیا تحت تأثیر تنش‌خشکی، تراکم بوته و مرحله برداشت

Table 7. Mean of forage quality properties of kochia as affected by drought stress, plant density and harvesting stage

		درصد پروتئین خام علوفه Forage crude protein (%)	درصد پتاسیم Potassium (%)	درصد سدیم Sodium (%)	درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF (%)	درصدالیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF (%)
Drought stress (avalaible soil moisture depletion (%))	تنش خشکی (درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک)					
50		8.81b	1.35b	0.57b	54.60a	36.20a
70		9.22b	1.55ab	0.71ab	52.60ab	35.80a
90		10.94a	1.73a	0.74a	50.60b	33.80b
Plant density (plant m^{-2})	تراکم بوته (بوته در مترمربع)					
33.3		9.53	1.50	0.69	52.61	35.45a
16.6		9.77	1.59	0.66	52.62	35.18a
Harvesting stage	مرحله برداشت					
Vegetative growth	رشد رویشی	10.21a	1.56	0.64	51.43b	34.78
Begining of flowering	شروع گل دهی	9.10b	1.53	0.71	53.79a	35.85

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by a common letter are not significantly different at the 5% probability level -usingTukey Test.

NDF: Neutral detergent fiber.
ADF: Acid detergent fiber.

جدول ۸- میانگین درصد پروتئین خام علوفه کوشیا تحت تاثیر برهمکنش تراکم بوته × مرحله برداشت

Table 8. Mean forage crude protein content of kochia as affected by interaction of plant density × harvesting stage

تراکم بوته (بوته در مترمربع) Plant density (plant m^{-2})	Harvesting stage	مرحله برداشت	درصد پروتئین خام علوفه Forage crude protein (%)
33.3	Vegetative growth	رشد رویشی	9.69ab
	Begining of flowering	شروع گل دهی	9.38ab
16.6	Vegetative growth	رشد رویشی	10.72a
	Begining of flowering	شروع گل دهی	8.81b

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.
Means followed by a letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey Test.

گل‌دهی را می‌توان به نسبت بیشتر برگ به زیست توده مربوط دانست (جدول ۳). با افزایش سن گیاه از میزان پروتئین علوفه کوشیا به دلیل ریزش و پیری برگ‌ها و افزایش الیاف کاسته می‌شود. این یافته با نتایج سایر پژوهشگران در رابطه با کاهش درصد پروتئین علوفه کوشیا همراه با پیشرفت مراحل فنولوژیک گیاه مطابقت دارد (Sherrod, 1971). همچنین این نتیجه با نتایج سایر پژوهشگران مبنی بر افزایش درصد پروتئین خام در شرایط تنش خشکی هم خوانی دارد (Ge *et al.*, 2010).

افزایش پروتئین خام در شرایط تنش خشکی می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های گلوتامین و گلوتامات سنتتاز باشد که تجمع نیتروژن و افزایش محتوی پروتئین را سبب می‌شوند (Cay *et al.*, 2007). برخی پژوهشگران گزارش کرده اند که افزایش میزان پروتئین خام در شرایط تنش‌خشکی در جهت کمک به تنظیم و تعادل اسمزی سلول روی می‌دهد (Yamada *et al.*, 2005). همچنین می‌توان بیان نمود که در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش تولید ماده خشک در گیاه غلظت نیتروژن در بافت گیاه افزایش یافته و از رقیق شدن عنصر غذایی در بافت گیاه کاسته می شود (Najafinezhad *et al.*, 2014).

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و اسیدی (ADF)

اثر تنش خشکی و مرحله برداشت بر مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۶). میزان NDF علوفه خشک در تیمار شاهد (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک) بیشترین (۵۴/۶ درصد) و در تیمار تنش شدید خشکی (آبیاری بر اساس ۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک) کمترین مقدار (۵۰/۶ درصد) بود (جدول ۷). همچنین میزان NDF علوفه در مرحله رشد

رویشی (قبل از غنچه‌دهی) بـه طـور معنـی‌داری کمتر از مقدار الیـاف علوفـه (NDF) در مرحلـه شروع گل‌دهی بود (جدول ۷).)

برهمکنش تـنش خشـکی × تـراکم بوتـه بـر الیـاف نـامحول در شـوینده اسـیدی (ADF) در سـطح احتمـال پـنج درصـد معنـی‌دار بـود (جدول ۶). کمترین درصد ADF علوفـه ۳۲/۲۶ درصد بود که بـه تیمـار تـنش خشـکی شـدید و تـراکم ۳۳/۳ بوتـه در مترمربـع تعلـق داشـت. همچنین بیشـترین ADF علوفـه (۳۷/۴۸ درصـد) در تیمـار آبیـاری بـر اسـاس ۵۰ درصـد تخلیـه رطوبـت قابـل اسـتفده خـاک (تیمـار شـاهد) و تـراکم ۳۳/۳ بوتـه در مترمربـع) مشـاهده شـد (جدول ۹).

جدول ۹- میانگین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) علوفه کوشیا تحت تاثیر برهمکنش تنش خشکی و تراکم بوته

Table 9. Mean acid detergent fiber (ADF) of kochia as affected by interaction of drought stress × plant density

تنش خشکی (درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک) Drought stress (available soil moisture depletion (%))	تراکم بوته (بوته در مترمربع) Plant density (plant m^{-2})	درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF (%)
50	33.3	37.48a
	16.6	34.98ab
70	33.3	36.25ab
	16.6	35.42ab
90	33.3	32.62b
	16.6	35.15ab

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, followed by a letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey Test.

ارتفاع بوتـه در تیمـار آبیـاری بـر اسـاس ۵۰ درصـد تخلیـه رطوبـت قابـل اسـتفاده خـاک (تیمار شاهد) به طور معنـی‌داری بیشـتر از تیمـار تنش شدید خشـکی بـود ولـی نسبت بـرگ بـه زیست توده کل کمتر بود (جدول۳). با افـزایش نسبت ساقه به بـرگ و همچـنین افـزایش ارتفـاع بوته مقدار الیاف و کربوهیدرات‌های سـاختمانی در بافت گیـاه افـزایش می‌یابـد، بنـابراین مقـدار الیاف بیشتر در تیمار آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبـت قابـل اسـتفاده خـاک را می‌تـوان ناشی از ارتفاع بوته بیشتر و نسـبت بـرگ کمتـر این تیمار دانست. گزارش‌هایی وجود دارد که با کاهش ارتفـاع بوتـه و افـزیش نسـبت بـرگ بـه ساقه تولید کربوهیدرات‌های ساختمانی و الیاف گیـاه کـاهش می‌یابـد کـه بـا نتـایج ایـن تحقیـق مطابقـت دارد (Najafinezhad *et al.*, 2019 ;).

Temel and Yolcu, 2020)

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) بیانگر دیواره سلولی (سلولز، همی سلولز و لیگنین) و قابلیت هضم علوفه است. علوفه با قابلیت هضم بیشتر از سرعت هضم بیشتری برخوردار بوده و می‌تواند به ازای هر واحد ماده خشک مصرف شده انرژی بیشتری برای دام تامین نماید (Waghorn *et al.*, 2007). کمتر بودن درصد الیاف علوفه (NDF) در مرحله رشد رویشی(۵۵ روز پس از سبزشدن) را می‌توان ناشی از نسبت برگ به زیست توده کل بیشتر و همچنین ارتفاع بوته و قطر ساقه کمتر بوته‌های کوشیا در مقایسه با زمان برداشت در مرحله شروع گل‌دهی دانست (جدول ۳). گزارش شده است که تنش خشکی کیفیت علوفه را با افزایش ADF و NDF و کاهش تولید ماده خشک کاهش می‌دهد (Bernard *et al.*, 2004).

پتاسیم و سدیم علوفه

اثر تنش خشکی بر غلظت عناصر پتاسیم و سدیم علوفه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین و کمترین درصد پتاسیم و سدیم علوفه به ترتیب در تیمار تنش شدید خشکی (آبیاری بر اساس ۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک) و تیمار آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک به دست آمد (جدول ۷). پتاسیم یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه بوده که نقش مهمی در بقای گیاهان در شرایط تنش خشکی ایفا می‌کند. این عنصر با حفظ پتانسیل اسمزی و تورژسانس سلول و تنظیم وظایف روزنه‌ای تحت تنش خشکی سرعت فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه تحت تنش را تقویت می‌کند (Kant and Kafkafi, 2002). افزایش غلظت یون پتاسیم درگیاه تحت شرایط تنش را می‌توان ناشی از جذب بیشتر این یون دانست. در گزارش‌های متعددی افزایش مقدار جذب و تجمع این عنصر در گیاهان مختلف تحت تنش خشکی برای حفظ پتانسیل اسمزی بیان شده است (Khadem *et al.*, 2010; Branka *et al.*, 2018).

کوشیا گیاهی چهار کربنه است که یکی از مهمترین خصوصیات آن نیاز به سدیم به عنوان یک عنصر ریز مغذی است و با توجه به زیست توده تولیدی این گیاه قادر است هر سال ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم نمک را از خاک برداشت کند (Salehi, 2010; Salehi *et al.*, 2011). در این گیاه سدیم نقش فیزیولوژیک در افزایش فعالیت آنزیم فسفوانول پیروات کربوکسیلاز دارد (Collins and Jones, 1986). بنابراین افزایش جذب سدیم در شرایط تنش خشکی را می‌توان ناشی از نیاز گیاه به سدیم دانست که در شرایط تنش خشکی با جذب بیشتر سدیم منجر به تداوم فعالیت آنزیم فسفو انول پیروات کربوکسیلاز برای ادامه فتوسنتز و تثبیت CO_2 شد.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح تنش خشکی از لحاظ عملکرد علوفه خشک بیانگر این است که

می‌توان با مصرف مقدار کم آب و بهره‌مندی از پتانسیل تحمل به خشکی گیاه کوشیا نسبت به کشت آن برای تولید علوفه اقدام کرد. برداشت در مرحله شروع گل‌دهی در مقایسه با برداشت در مرحله رشد رویشی (۵۵ روز پس از سبز شدن) از عملکرد علوفه بیشتر اما از درصد پروتئین خام کمتری برخوردار بود

به طور کلی برداشت در مرحله شروع گل‌دهی به دلیل عملکرد علوفه و پروتئین خام بیشتر در واحد سطح توصیه می‌شود. با توجه به پتانسیل بالای گیاه کوشیا برای تولید شاخه‌های فرعی، تاثیر تراکم بوته بر عملکرد و کیفیت علوفه معنی‌دار نبود. بنابراین به دلیل اهمیت صرفه‌جویی در مصرف آب و سیستم ریشه‌ای عمیق‌ترکوشیا در تراکم بوته کمتر، تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع در شرایط کم آبی منطقه جوپار کرمان مناسب تر است. نتایج این پژوهش نشان داد که با تنظیم آبیاری بر اساس ۷۰ تا ۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک در مرحله شروع گل‌دهی به طور میانگین ۸/۵ تن علوفه خشک از گیاه کوشیا تولید شد.

سپاسگزاری

نگارندگان بدینوسیله از معاونت بهبود تولیدات گیاهی و مدیر زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان و همچنین رئیس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان که با حمایت‌های مالی امکان اجرای این پژوهش را فراهم آوردند، سپاسگزاری می‌کنند.

References

AOAC. 1990. Official methods of analysis of the AOAC. 15th edtion. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.

Asgharipour, M. R., Arshadi, M. J., Golshani, F. 2015. Effect of planting density, nitrogen fertilizer and harvesting height on yield and some agronomic traits of kochia. Journal of Applied Research in Plant Ecophysiology 2: 133-144 (in Persian).

Bernard, J. K., West, J. W., Trammell, D. S., and Cross, G. H. 2004. Influence of corn variety and cutting height on nutritive value of silage feed to lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 87: 2172-2176.

Branka, K., Bosko, G., Angelina, T., and Goran, D. 2018. How irrigation water affects the yield and nutritional quality of maize (*Zea mays* L.) in a temperate climate. Polish Journal of Environmental Studies 27 (3): 1123-1131.

Cay, Y. X., Wang, W., and Zhu, Q. S. 2007. Effects of water stress on nutrient quality and accumulation of protein in rice grains. Chinese Journal of Plant Ecology 31: 536-543.

Collins, R. P., and Jones, M. B. 1986. The influence of climatic factors on the

distribution of C4 species in Europe. Plant Ecology 64: 121-129.

Foster, C. 1980. Kochia-poorman's alfalfa shows potential as feed. Rangeland 2: 22-23.

Georgia, A. E. 1914. A manual of weeds: with descriptions of all the most pernicious and troublesome plants in the United States and Canada, their habits of growth and distribution, with methods of control. Macmillan Publication Co. Inc. New York, USA. 618 pp.

Ge, T D., Suif, G., Nie, S., Sun, N.B., Xiao, H, and Tong, C. L. Tong. 2010. Differential responses of yield and selected nutritional compositions to drought stress in summer maize grains. Journal of Plant Nutrition 33: 1811-1818.

Jami Al-Ahmadia, M. 2005. Some eco-physiological characteristics of kochia (*Kochia scoparia* L.). Ph. D. thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 285 pp. (in Persian).

Jami Al-Ahmadia, M., and Kafi, M. 2007. Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* (L.). Journal of Arid Environments 68: 308-314.

Kant, S., and Kafkafi, U. 2002. Potassium and abiotic stresses in plants. pp. 233-251. In: Pasricha, N. S., and Bansal, S. K. (eds.) Role of potassium in nutrient management for sustainable crop production in India. Potash Research Institute of India. Gurgaon, Haryana, India.

Khadem, S. A., Galavi, M., Ramrodi, M., Mousavi, S. R., Rousta, M. J., and Moghadam, M. R. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. Australian Journal of Crop Science 4 (8): 642-647.

Khaninejad, S., Kafi, M., Khazaee, H. R., Shabahang, J., and Nabati, J. 2013. Evaluation of nitrogen and phosphorous levels on forage yield and characteristics of *Kochia scoparia* in irrigating with two saline waters. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (2): 275-282 (in Persian).

Madrid, J., Hernandez, F. M., Pulgar, A., and Cid, J. M. 1996. Nutritive value of *Kochia scoparia* L. and ammoniated barley straw for goats. Small Ruminant Research 19: 213-218

Masoumi, A. 2010. Effect of drought stress on morphophysiological parameters of native population of *Kochia scoparia* in field and greenhouse conditions. Ph. D. thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 127 pp. (in Persian)

Najafinezhad, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Modarres Sanavy, S. A. M, and

Naghavi, H. 2014. Effect of irrigation regimes and application of barley residue, zeolite and superabsorbent polymer on forage yield, cadmium, nitrogen and some physiological traits of corn and sorghum. International Journal of Biosciences 5 (3): 234-245.

Najafinezhad, H., Javaheri, M. A., Koohi, N., and Shakeri, P. 2019. Forage yield and quality and water productivity of kochia, millet, sorghum and maize under water deficit stress conditions. Seed and Plant Journal 35 (2): 261-283 (in Persian).

Petil, H. V., Pesat, A. R., Barnett, G. M., Mason, W. N., and Dionne. J. L. 1992. Quality and morphological characteristics of alfalfa as affected by soil moisture, pH and phosphorous fertilization. Canadian Journal of Plant Science 72: 147-162.

Rankins, D. L., and Smith, G. S. 1991. Nutritional and toxicological evaluations of kochia hay (*Kochia scoparia* L.) feed to lambs. Journal of Animal Science 69: 2925-2931

Salehi, M. 2010. Effect of salinity and water deficit on quantitative and qualitative production and physiological characteristics of *Kochia Scoparia*. Ph. D. dissertation. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 189 pp. (in Persian).

Salehi, M., Kafi, M., and Kiani, A.R. 2011. The effect of saline water use on biomass and ion accumulation in kochia. Journal of Environmental Stresses in Agricultural Sciences 4(1): 65-75 (in Persian).

Sherrod, L. B. 1971. Nutritive value of *Kochia scoparia* I. Yield and chemical composition at three stages of maturity. Agronomy Journal 63: 343-344.

Sparks, D. L. 1996. Methods of soil analysis. pp. 417-436. In: Part 3: Chemical methods. Soil Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Temel, S., and Yolcu, S. 2020. The effect of different sowing time and harvesting stages on the herbage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Turkish Journal of Field Crops 25 (1): 41-49.

Van-Soest, P. J., Robertson, J. B., and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.

Waghorn, G. C., Burke, J. L., and Kolver, E. S. 2007. Principles of feeding value. pp: 35-59. In: Rattray, P. V., Brookes, I. M., Nicol, A. M. (eds.) Pastures and supplements for grazing animals. Occasional Publication No. 14. New Zealand Society of Animal Production. Hamilton, New Zealand.

Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi-Shinozaki, K.,

Shinozaki, K., and Yoshiba, Y. 2005. Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. Journal of Experimental Botany 56: 1975-1981.

Yazdani, F., Allahdadi, I., and Akbari, G. A. 2007. Impact of super absorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress. Pakistan Journal of Biological Sciences 10 (23): 4190-4196.

Yazdi Samadi, B., Rezaei, A., and Valyzadeh, M. 1997. Statistical designs in agricultural research. 5th edition. University of Tehran Press. 764 pp. (in Persian).

Ziaee, M., Kafi, M., Khazaei, H. R., Shabahang, J., and Soleimani, M. R. 2008. Effect of plant density and cutting frequency on forage and seed yield of kochia (*Kochia scoparia* L.) under irrigation with saline water. Journal of Iranian Field Crop Research. 6 (2): 342-335 (in Persian).